

**PENURUNAN PONDASI BUJUR SANGKAR YANG DIPERKUAT KOLOM
KAPUR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1
pada Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik**

oleh:

Ihpa Renda Ipsondara
D 100 130 153

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN
PENURUNAN PONDASI BUJUR SANGKAR YANG DIPERKUAT
KOLOM KAPUR
PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

IHPA RENDA IPSONDARA

NIM: D 100 130 153

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



ANTO BUDI LISTYAWAN, ST. M.Sc.

NIK: 913

HALAMAN PENGESAHAN

**PENURUNAN PONDASI BUJUR SNGKAR YANG DIPERKUAT
KOLOM KAPUR**

OLEH

IHPA RENDA IPSONDARA

D 100 130 153


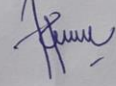

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari.Selasa,,30.Januari.....2018

Dewan Penguji

1. Anto Budi Listyawan, ST, M.Sc. ()
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Renaningsih, MT. ()
(Anggota 1 Dewan Penguji)
3. Qunik Wiqoyah, ST, MT. ()
(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,


Ir. Setiawan, MT., PhD.

NIK: 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 12 Maret 2018

Penulis


IHPA RENDANG SONDARA
D 100 130 129

**PENURUNAN PONDASI BUJUR SANGKAR YANG DIPERKUAT
KOLOM KAPUR
ABSTRAKSI**

Perkuatan Tanah merupakan usaha yang dilakukan untuk meningkatkan daya dukung pada tanah. Diperlukan adanya sebuah upaya untuk meningkatkan daya dukung tersebut. *Vertical drain* dengan kolom kapur yang digunakan pada pondasi Bujur sangkar berguna sebagai solusi untuk meningkatkan daya dukung pada tanah. Penelitian ini menyuguhkan enam pengujian laboratorium dengan beban vertikal menggunakan *loading test* tanpa kolom kapur dan dengan kolom kapur yang berbentuk lingkaran diameter 100 mm dan 150 mm serta lebar pondasi bujur sangkar sebesar 100 mm dan 150 mm, untuk tinggi kolom setinggi 35 cm pada tanah lempung homogen, dengan mempertahankan kadar air dan metode pemadatannya. Berdasarkan keseluruhan pengujian laboratorium, didapat hasil bahwa memperbesar diameter kolom kapur dan lebar pondasi bujur sangkar meningkatkan daya dukung pada tanah. Memperbesar lebar pondasi bujur sangkar, memiliki kenaikan nilai daya dukung lebih tinggi dari pada kenaikan diameter kolom kapur. Nilai daya dukung pada tanah menggunakan perkuatan kolom kapur lebih besar dari pada daya dukung tanpa perkuatan kolom kapur. Penurunan tertinggi terjadi pada pusat pembebanan, semakin dekat jarak pembebanan maka penurunannya semakin tinggi.

Kata Kunci: *daya dukung, kolom kapur, loading test, penurunan, pondasi bujur sangkar, tanah homogen, vertical drain.*

ABSTRACT

Soil Strengthening is an attempt to increase the soil bearing capacity. An effort is needed to increase the soil bearing capacity. Vertical drain with lime column that used in squares foundation becomes a solution to increase the bearing capacity of the soil. The study presents six tests laboratory without lime column and with lime column which has circle shape diameter 100 mm, 150 mm and foundation wide 100 mm, 150 mm and height 35 cm on clay homogen soil by maintaining water content and compaction method. The results from all laboratory tests is that the bigger diameter size of lime column and foundation wide, increases the bearing capacity of soil. From laboratory test, we can conclude that by increasing the diameter of lime column and wide of the foundation could increase the bearing capacity value. By increasing wide of the foundation, make it has a higher bearing capacity than increasing the diameter of lime column. The bearing capacity's value of the soil that using lime column is higher than the bearing capacity without lime column. The highest settlement happen at the loading center, the closer loading distance to loading center, the higher value of settlement.

Keywords: *bearing capacity, lime column, loading test, settlement, square foundation, homogen soil, vertical drain.*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan bagian yang terdapat pada kerak bumi yang tersusun atas mineral dan bahan organik. Tanah juga merupakan penunjang struktur bangunan. Yang meliputi bangunan gedung, jalan dan jembatan. Beban dari konstruksi tersebut kemudian di salurkan melalui pondasi ke lapisan tanah di bawahnya. Dalam beberapa kasus daya dukung tanah rendah sehingga tidak layak untuk di dirikan sebuah konstruksi sehingga perlu ada upaya untuk memperbaiki tanah tersebut agar mampu menahan beban konstruksi.

Pada kasus tanah lempung yang mempunyai kadar air tinggi akan rawan mengalami konsolidasi yang mengakibatkan konstruksi di atasnya tidak aman. Konsolidasi adalah kondisi tanah mengalami penurunan akibat keluarnya air dari pori-pori tanah. penggunaan kapur sebagai alat perkuatan tanah diharapkan dapat mengetahui seberapa besar pengaruh kapur dapat mereduksi tanah penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tanah yang diberi beban aksial. dan mengetahui hasil perkuatan kolom kapur terhadap tanah kohesif serta memperbaiki tanah lempung sehingga dapat di gunakan untuk perkuatan tanah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

2.1 Tahap 1

- a.) Studi Litelatur
- b.) Menentukan lokasi serta menyiapkan alat dan bahan berupa tanah lempung dan kapur yang akan digunakan dalam penelitian, tanah yang di gunakan adalah tanah lempung yang berasal dari Desa Troketon Kecamatan Pedan , Kabupaten Klaten.

2.2 Tahap II

- a.) Memasukan tanah uji dengan kadar air rata-rata 40% ke dalam drum yang dibagi 6 lapis dan dipadatkan dengan 100 tumbukan tanpa kolom kapur.
- b.) Memasukan tanah uji dengan kadar air rata-rata 40% ke dalam drum yang dibagi 6 lapis dan dipadatkan dengan 100 tumbukan dengan kolom kapur lebar 10 cm dan 15 cm, kemudian cetakan kolom diambil dan diisi kolom kapur.

2.3 Tahap III

- a.) Tahap ketiga ini pengujian sampel tanah menggunakan bujur sangkar lebar 10 cm dan 15 cm kemudian hasil pengujian dicatat.

2.4 Tahap IV

- a.) Sebagai pembahasan dari hasil pengujian yang telah didapatkan dari tahap II dan III. Analisa data ini dapat dibuat kesimpulan akan hasil yang didapat serta memberikan saran jika diperlukan.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Sekunder Sifat Fisis Tanah Dari Desa Troketon

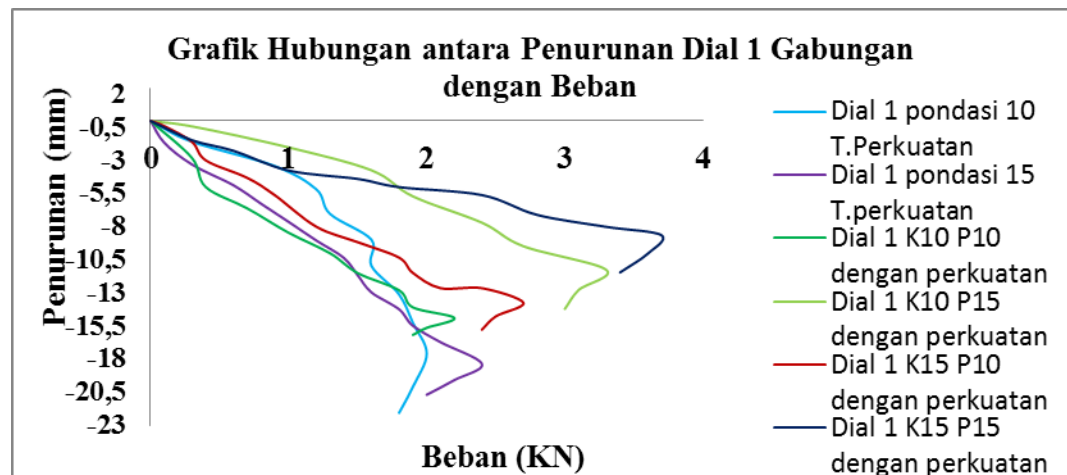
Uji	Gs	Kadar Air	LL	PL	SL	PI	Lolos No.200	GI	AASHTO	USCS
-----	----	-----------	----	----	----	----	--------------	----	--------	------

Hasil	2,523	6,53%	74,42%	26,35%	25,65%	48,07%	89,57%	48,69%	A-7-6	CH
-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	----

Dari penelitian yang dilakukan oleh Legowo, Bagas (2017) dapat disimpulkan bahwa tanah di desa Troketon, Kecamatan Pedan, Kabupaten Klaten termasuk dalam golongan tanah lempung.

3.2 Hasil Test Secara Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkuatan tanah terhadap pondasi bujur sangkar pada tanah lempung berlapis dengan enam sampel percobaan yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini terdiri dari dua pondasi bujur sangkar yaitu pondasi bujur sangkar dengan lebar 100x100 mm dan 150x150 mm, dengan dua kolom kapur berdiameter 100 mm dan 150 mm. Tanah berlapis yang terdiri dari tanah lempung dengan kadar air kurang lebih 40% dan pasir di bawah permukaan tanah yang dijadikan acuan untuk percobaan selanjutnya. Hasil penelitian yang ditunjukkan pada grafik hubungan dengan ketentuan sumbu vertikal merupakan nilai penurunan (mm) dan sumbu horizontal menunjukkan nilai beban (KN),

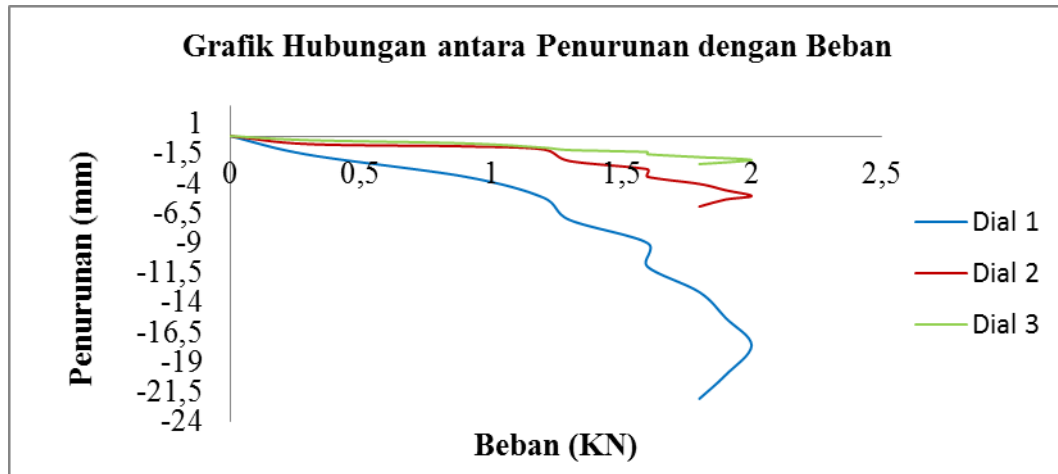


Grafik 1. Pondasi bujur sangkar hubungan antara beban dengan penurunan pada *Dial 1* (menempel pada pondasi bujur sangkar)

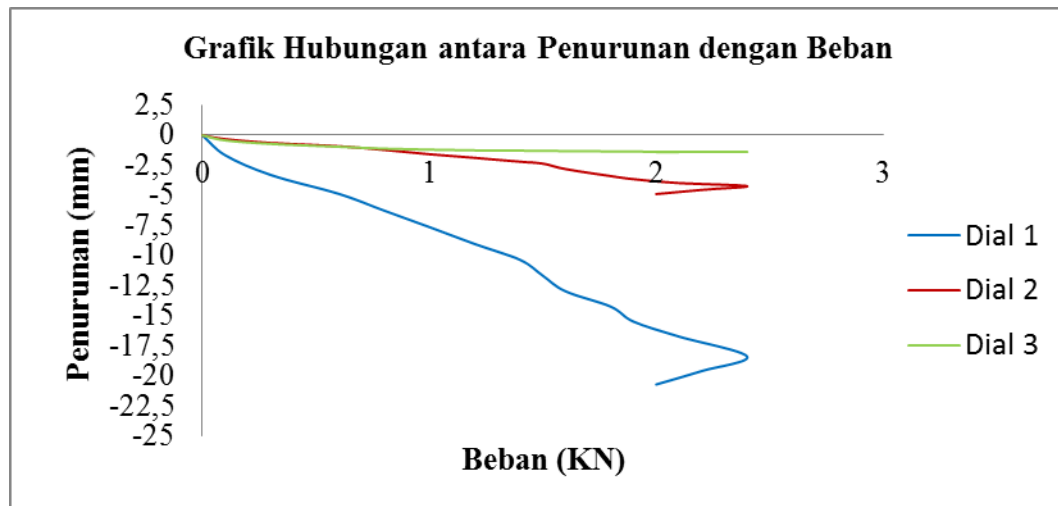
Beban maksimum yang paling tinggi dihasilkan dengan pondasi lebar 150x150 mm dibandingkan dengan pondasi lebar 100x100 mm, baik itu tanpa

perkuatan hingga menggunakan perkuatan kolom kapur diameter 100 mm dan 150 mm. Sehingga penelitian ini dapat membandingkan nilai beban maksimum terhadap nilai penurunan yang didapat.

3.3 Pengaruh Jarak ke Titik Beban Terhadap Penurunan

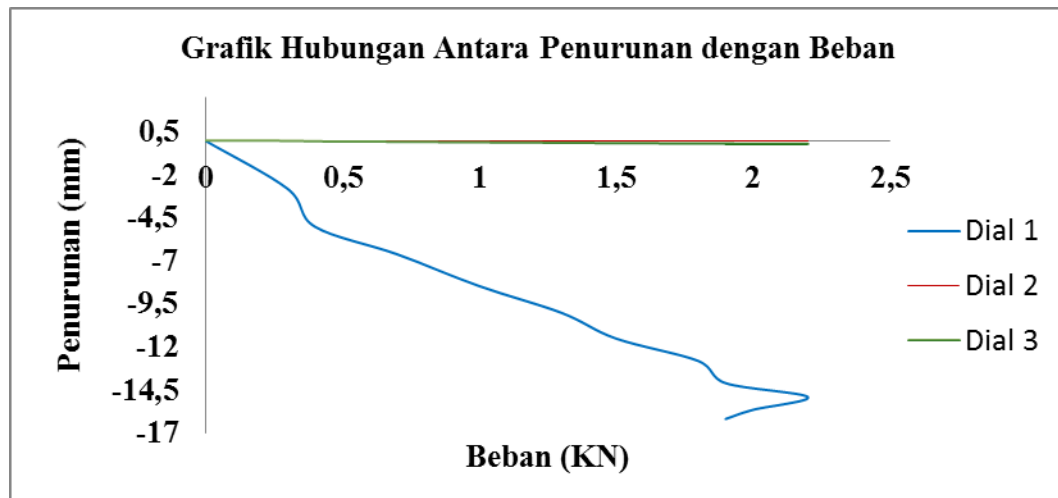


Grafik 2. Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung tanpa perkuatan kolom kapur dengan pondasi bujur sangkar lebar 100x100 mm



Grafik 3. Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung tanpa perkuatan kolom kapur dengan pondasi bujur sangkar lebar 150x150 mm
Berdasarkan grafik dan tabel di atas dapat dilihat penurunan yang terjadi terhadap beban maksimum pada *dial 1*, *dial 2* dan *dial 3* dihasilkan penurunan di

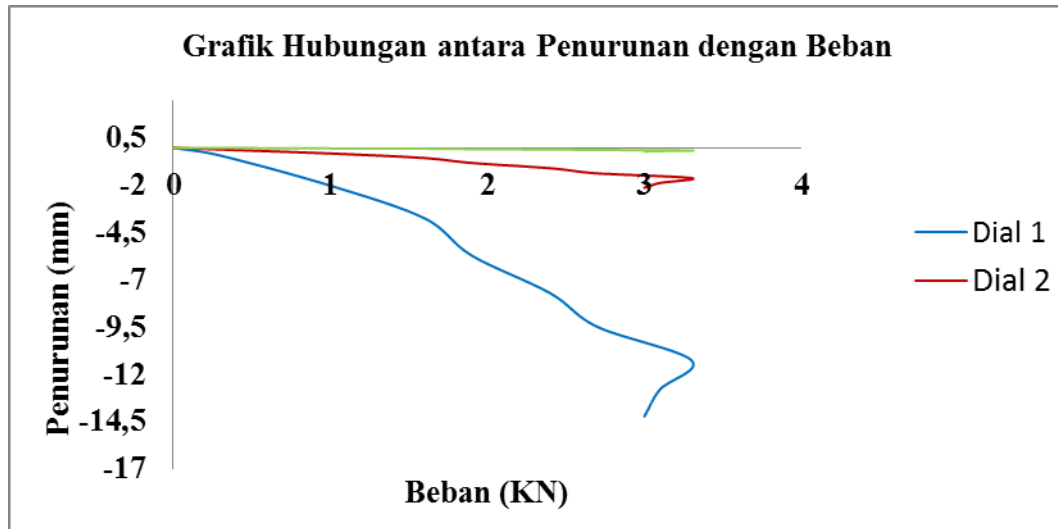
setiap *dial* berbeda - beda, hal itu dikarenakan letak *dial* yang berbeda juga, jarak antara *dial* dan titik pembebanan berpengaruh signifikan terhadap penurunan yang terjadi, semakin jauh jarak *dial* terhadap titik pembebanan maka penurunan akan semakin kecil, begitupun sebaliknya.



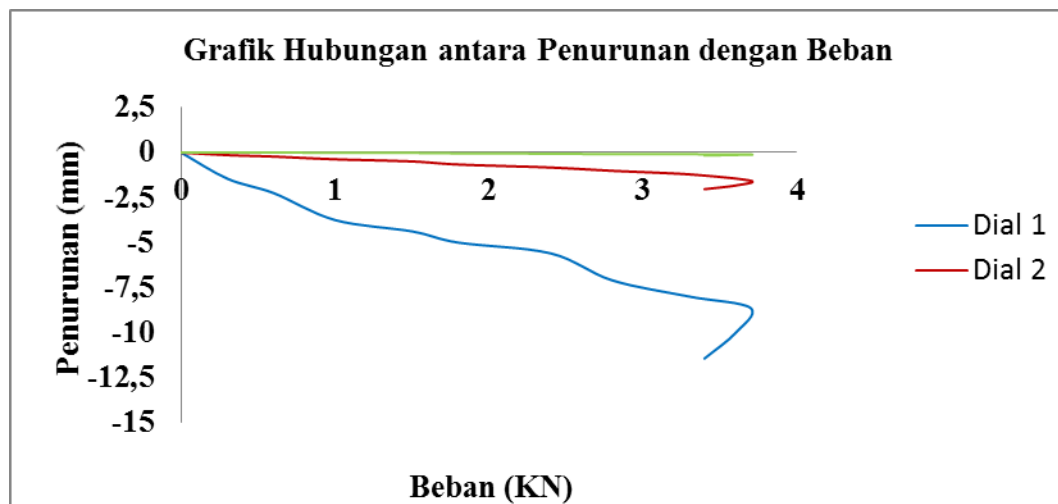
Grafik 4. Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan perkuatan kolom kapur diameter 100 mm dan pondasi bujur sangkar lebar 100x100 mm



Grafik 5. Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan perkuatan kolom kapur diameter 100 mm dan pondasi bujur sangkar lebar 150x150 mm



Grafik 6.. Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan perkuatan kolom kapur diameter 150 mm dan pondasi bujur sangkar 100x100 mm

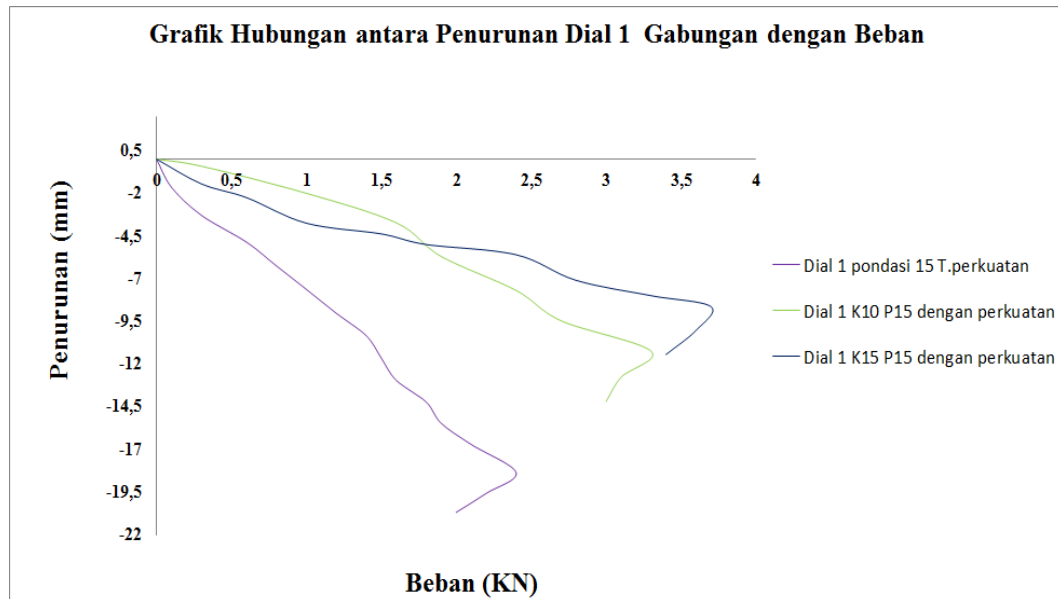


Grafik 7. Hubungan antara beban dengan penurunan pada tanah lempung dengan perkuatan kolom kapur diameter 150 mm dan pondasi bujur sangkar 150x150 mm

Variasi percobaan yang ke dua, terlihat hampir semua *dial* menunjukkan penurunan terhadap beban maksimum, hal itu dapat disimpulkan bahwa perkuatan tanah dengan menggunakan kolom pasir di atas kapur mengubah perilaku tanah terhadap pembebanan.

3.4 Pengaruh Kolom Kapur sebagai Perkuatan

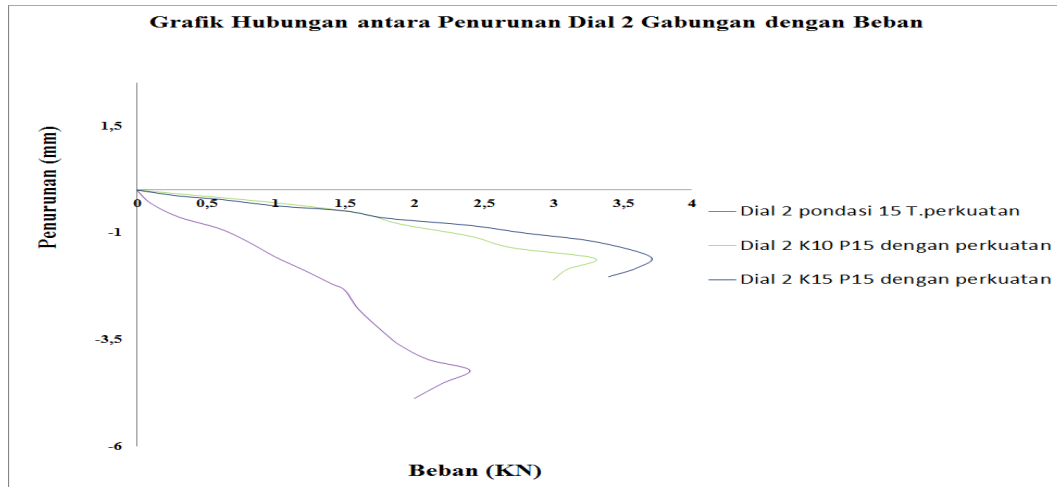
Pengaruh Kolom pasir di atas kapur sebagai perkuatan tanah dalam penelitian ini sangat berpengaruh signifikan terhadap penurunan pondasi bujur sangkar, hal itu tercermin dalam fase penelitian yang dilakukan, dalam penelitian ini ada 4 grafik yang dapat menggambarkan pengaruh kolom kapur sebagai perkuatan tanah, antara lain adalah sebagai berikut :



Grafik 8. Hubungan antara beban dengan penurunan pada *dial* 1 Pondasi lebar 150x150 mm

Tabel 2 Besarnya beban maksimum *dial* 1 pada pondasi lebar 150x150 mm

Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Penurunan (mm)	Presentase (%)
0	150	2,4	1	-18,37	0
100	150	3,3	1	-11,25	38,8
150	150	3,7	1	-8,64	53,00

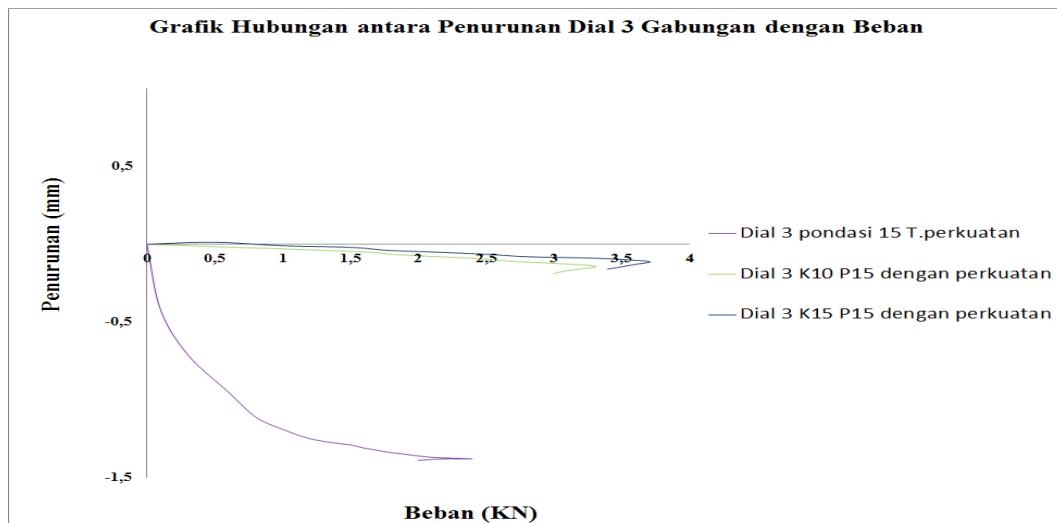


Grafik 9. Hubungan antara beban dengan penurunan pada *dial 2* Pondasi lebar 150x150 mm

Tabel 3 Besarnya beban maksimum *dial 2* pada pondasi lebar 150x150 mm

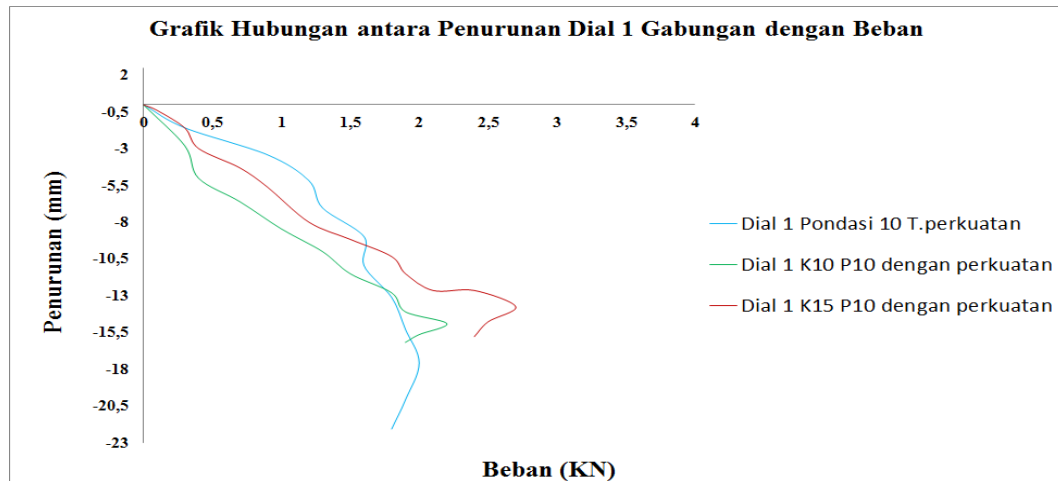
Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Penurunan (mm)	Presentase (%)
0	150	2,4	2	-4,22	0
100	150	3,3	2	-1,6	62,1
150	150	3,7	2	-1,56	63,0

Grafik 10. Hubungan antara beban dengan penurunan pada *dial 3* Pondasi lebar 150x150 mm



Tabel 4. Besarnya beban maksimum *dial 3* pada pondasi lebar 150x150 mm

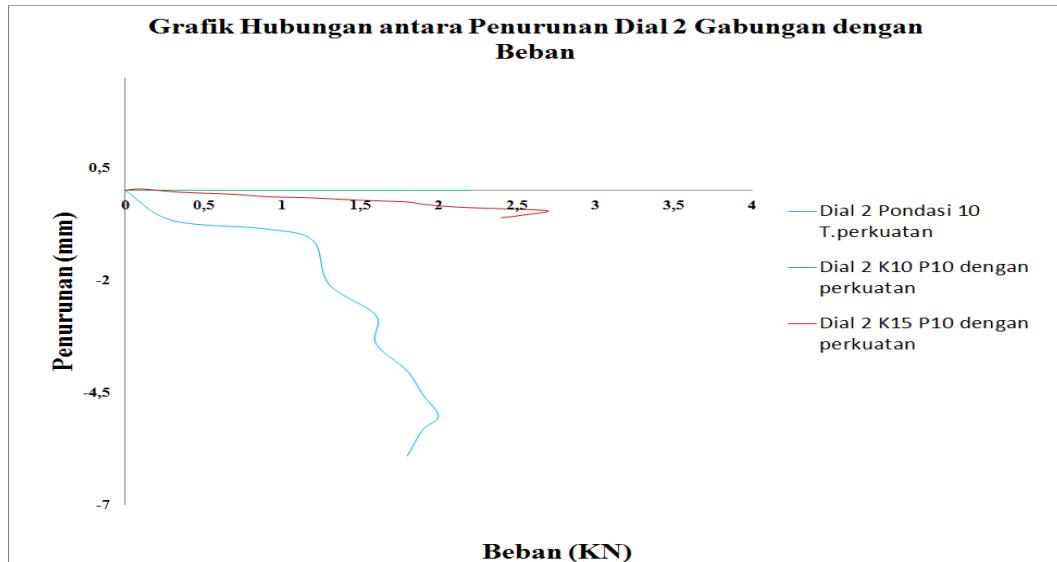
Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Penurunan (mm)	Presentase (%)
0	150	2,4	3	-1,38	0
100	150	3,3	3	-0,14	89,9
150	150	3,7	3	-0,11	92,0



Grafik 11. Hubungan antara beban dengan penurunan pada *dial 1* Pondasi lebar 100x100 mm

Tabel 5 Besarnya beban maksimum *dial 1* pada pondasi lebar 100x100 mm

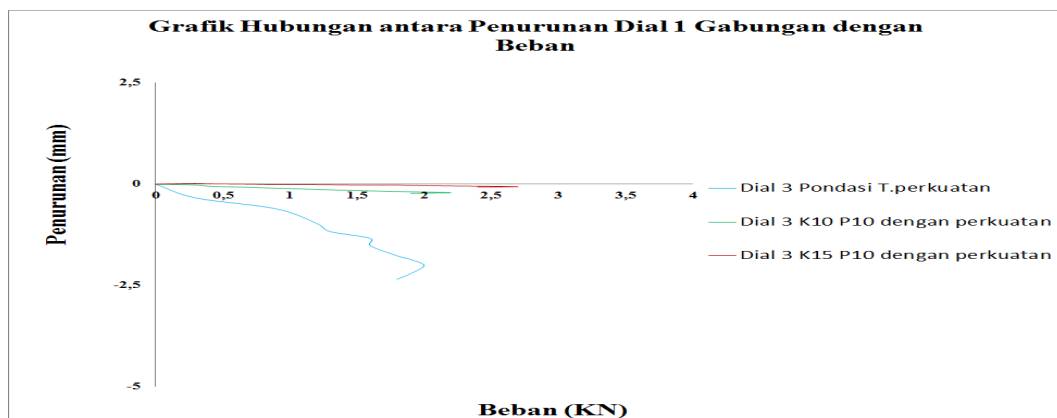
Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Penurunan (mm)	Presentase (%)
0	100	2	1	-17,58	0
100	100	2,2	1	-14,89	15,3
150	100	2,7	1	-13,74	21,8



Grafik 12. Hubungan antara beban dengan penurunan pada *dial 2* Pondasi lebar 100x100 mm

Tabel 6. Besarnya beban maksimum *dial 2* pada pondasi lebar 100x100 mm

Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Penurunan (mm)	Presentase (%)
0	100	2	2	-5,03	0
100	100	2,2	2	0,00	100
150	100	2,7	2	-0,46	90,9



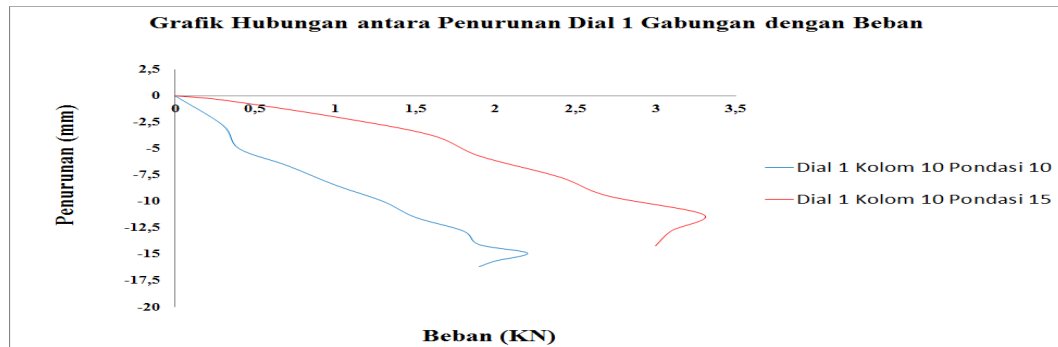
Grafik 13. Hubungan antara beban dengan penurunan pada *dial 3* Pondasi lebar 100x100 mm

Tabel 7 Besarnya beban maksimum *dial 3* pada pondasi lebar 100x100 mm

Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Penurunan (mm)	Presentase (%)
0	100	2	3	-2,01	0
100	100	2,2	3	-0,21	89,6
150	100	2,7	3	-0,06	97,0

3.5 Perbandingan Kenaikan Daya Dukung Tanah Antara Lebar Pondasi dan Diameter Kolom Pasir Di Atas Kapur

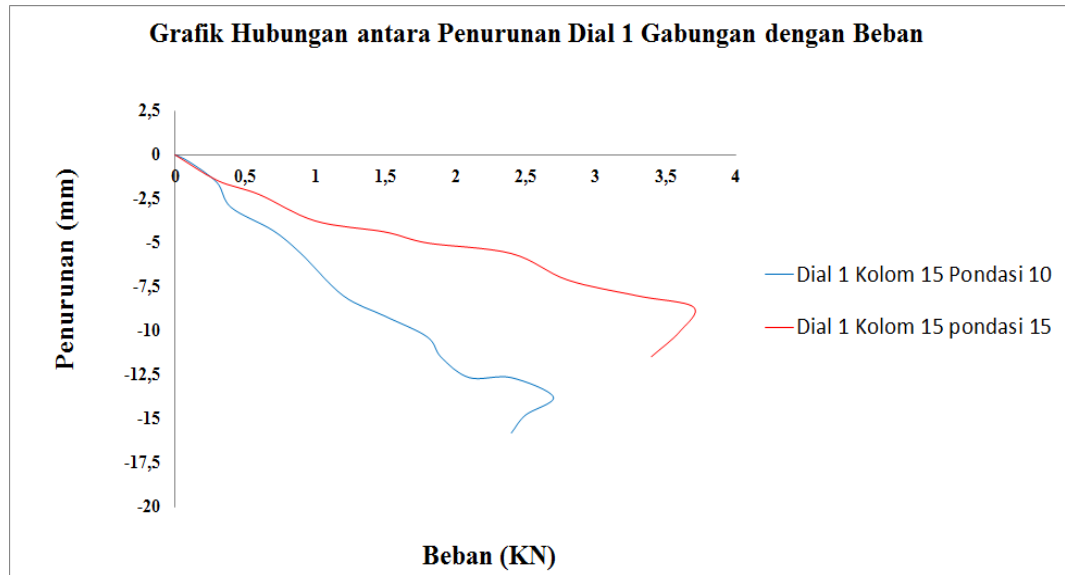
Dari hasil penelitian di atas terbukti bahwa lebar pondasi dan kolom kapur-pasir memiliki peran yang dapat menaikkan daya dukung tanah, dalam pembahasan ini dapat mengetahui seberapa besar kenaikan daya dukung tanah antara lebar pondasi dan diameter kolom kapur-pasir.



Grafik 14. Hubungan antara beban dengan penurunan pada kolom kapur-pasir 100 mm

Tabel 7 Besarnya beban maksimum pada kolom pasir diameter 100 mm

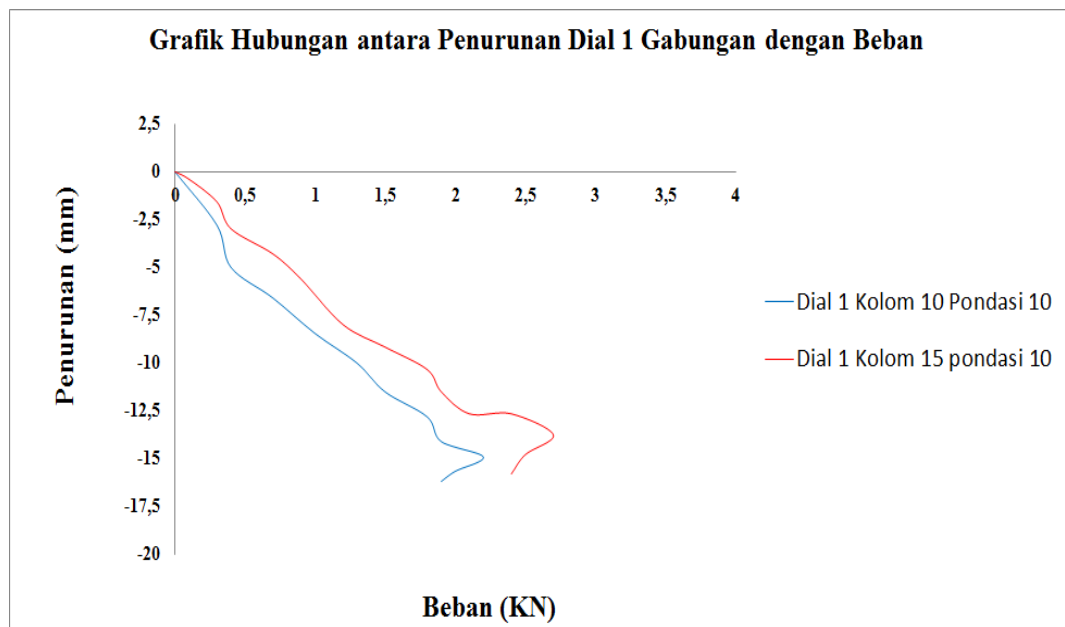
Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Presentase Daya Dukung (%)
100	100	2,2	1	0
100	150	3,3	1	50,00%



Grafik 15. Hubungan antara beban dengan penurunan pada kolom kapur-pasir diameter 150 mm

Tabel 8 Besarnya beban maksimum pada kolom pasir diameter 150 mm

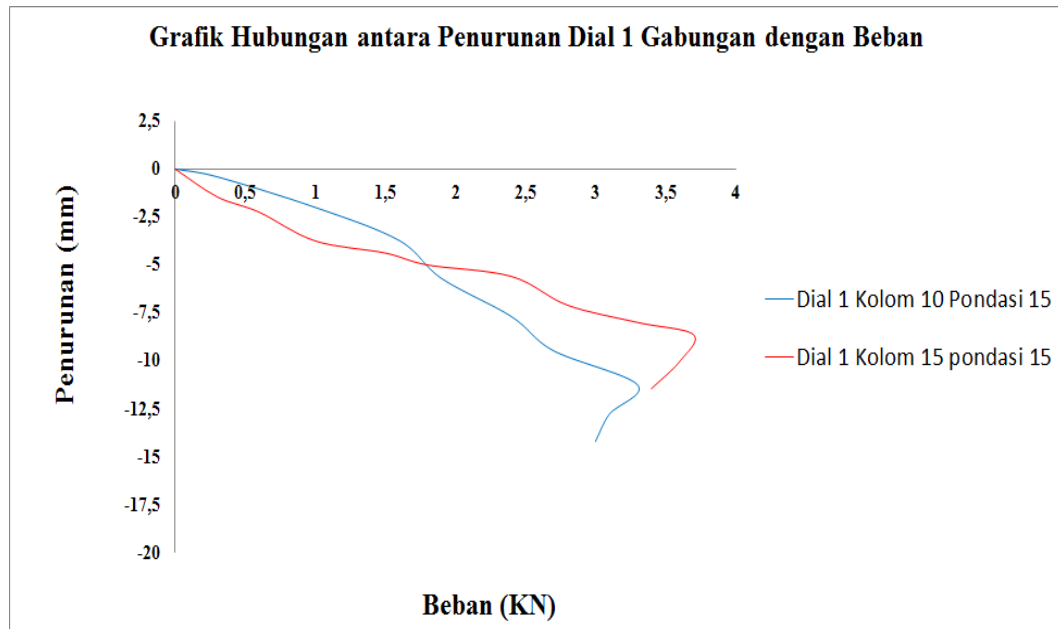
Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Presentase Daya Dukung (%)
150	100	2,7	1	0
150	150	3,7	1	37,03



Grafik 16. Hubungan antara beban dengan penurunan pada kolom diameter 100 mm

Tabel 8 Besarnya beban maksimum pada kolom pasir diameter 100 mm

Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Presentase Daya Dukung (%)
100	100	2,2	1	0
150	100	2,7	1	22,72



Grafik 17. Hubungan antara beban dengan penurunan pada kolom diameter 150 mm

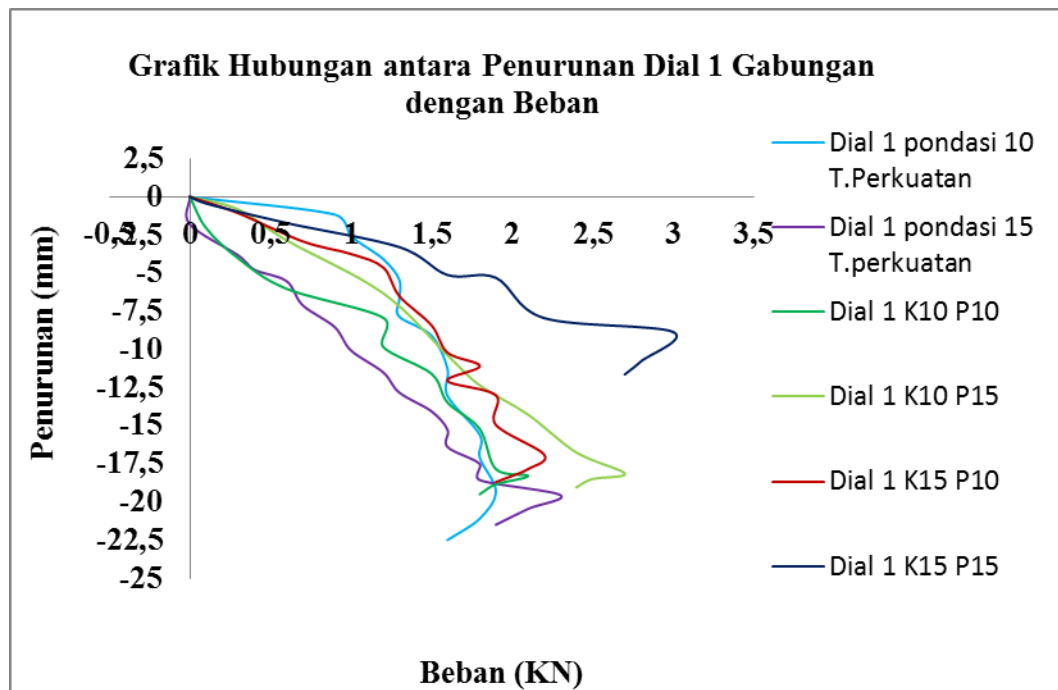
Tabel 9 Besarnya beban maksimum pada kolom pasir diameter 150 mm

Diameter Kolom (mm)	Lebar Pondasi (mm)	Beban maksimum (KN)	Dial	Presentase Daya Dukung (%)
100	150	3,3	1	0
150	150	3,7	1	12,12

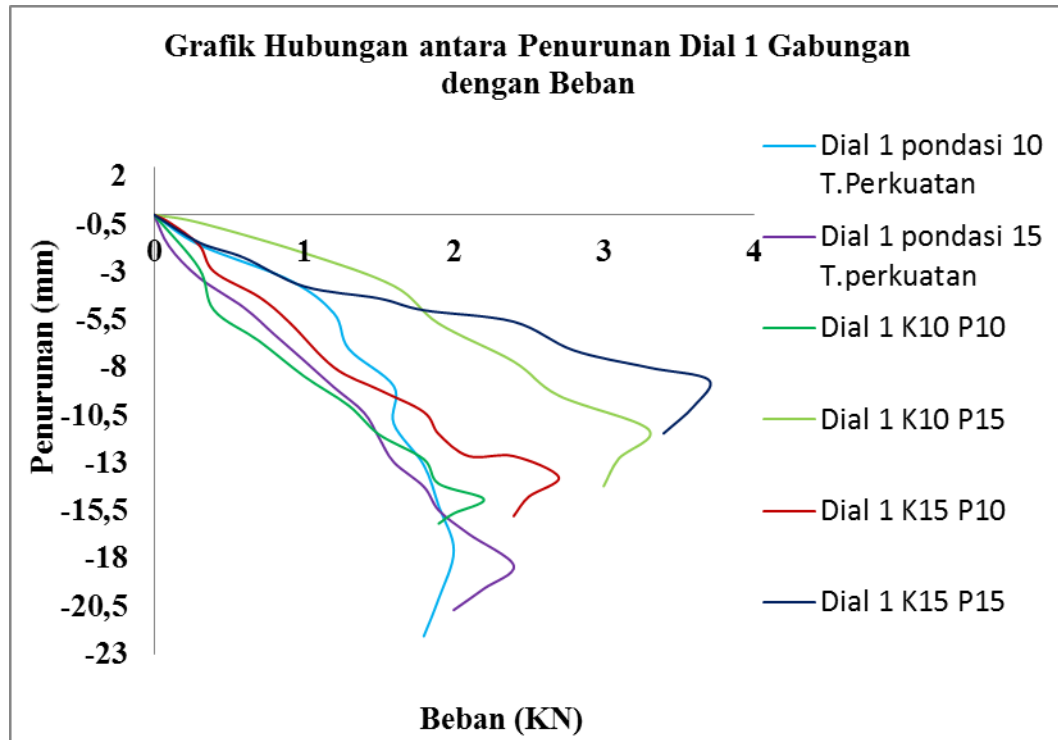
Dari keseluruhan data dan grafik diatas menunjukan bahwa menggunakan kolom atau tanpa penggunaan kolom pada pengujian tanah dengan perkuatan kolom kapur beban maksimum dapat terbaca tetapi tidak terbaca adanya gelembung tanah disekitar pondasi tersebut, hal ini menunjukan jika penurunan yang terjadi mendakati penurunan lokal, begitu pula dengan dial 2 dan dial 3. Serta menunjukan kenaikan

beban maksimum yang terjadi ketika menggunakan pondasi dan kolom yang berbeda dengan persentase jika lebar pondasinya yang diperbesar maka didapat beban maksimum sebesar 50 % dan 37,03 %, adapun jika dimensi diameter kolomnya yang di perbesar maka di dapat 22,72 % dan 12,12 %. sehingga dapat disimpulkan bahwa memperbesar dimensi pondasi akan mendapat beban maksimum yang lebih besar jika dibandingkan dengan memperbesar dimensi kolom.

3.6 Perbandingan Kenaikan Daya Dukung Tanah Pondasi Telapak Lingkaran Dan Pondasi Bujur Sangkar



Grafik 18 perbandingan kenaikan daya dukung tanah pada pondasi telapak dengan dan tanpa kolom kapur.



Grafik 19 perbandingan kenaikan daya dukung tanah pada pondasi bujur sangkar dengan dan tanpa kolom kapur.

Perbandingan beban maksimal antara pondasi telapak lingkaran dengan pondasi bujur sangkar sebagai berikut :

- a.) Pondasi Telapak Lingkaran dengan pondasi bujur sangkar yang tidak diperkuat kolom kapur :
 - 1.) Pondasi 10cm dan Kolom 10cm : 5%
 - 2.) Pondasi 15cm dan Kolom 15cm : 4,35%
- b.) Pondasi Telapak dengan pondasi bujur sangkar yang diperkuat kolom kapur :
 - 1.) Pondasi 10cm dan Kolom 10cm : 4,76%
 - 2.) Pondasi 15cm dan Kolom 10cm : 22,22%
 - 3.) Pondasi 10cm dan Kolom 15cm : 22,72%
 - 4.) Pondasi 15cm dan Kolom 15cm : 23,33%

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan berdasarkan analisis data penelitian dan pembahasan rumusan masalah tersebut, yaitu:

- 4.1.1** Besarnya nilai beban maksimum dipengaruhi oleh besarnya lebar pondasi bujur sangkar dan diameter kolom kapur, semakin besar lebar pondasinya maka beban maksimal yang didapatkan juga semakin besar, begitupun jika semakin besar kolom kapurnya maka beban maksimal yang didapatkan semakin besar yaitu kolom.
- 4.1.2** Perubahan besarnya lebar pondasi lebih berpengaruh terhadap beban maksimal yang didapatkan jika dibandingkan dengan pelebaran pada kolom, hal ini terbukti dengan didapatkan peningkatan pada kolom kapur dengan diameter 10 cm pada pondasi dengan lebar 10 cm sebesar 12,12 % dan kolom kapur 15 cm sebesar 22,72 % bila dibandingkan dengan kolom kapur 15 cm pada pondasi 10 cm sebesar 37,03 % dan pada pondasi 15 cm sebesar 50 %.
- 4.1.3** Semakin jauh dial dari pondasi maka penurunan yang terjadi semakin kecil, penurunan pada dial 3 yang lebih jauh dari pondasi hampir tidak terlihat sedangkan penurunan pada dial 2 dan 1 lebih terlihat kasat mata, adapun persentase penurunannya adalah sebagai berikut :
 - a. Pondasi lebar 10 cm tanpa perkuatan memiliki peningkatan *dial 2* sebesar 71,4 % dan *dial 3* sebesar 88,6 % dibandingkan dengan *dial 1*.
 - b. Pondasi lebar 15 cm tanpa perkuatan memiliki peningkatan *dial 2* sebesar 77 % dan *dial 3* sebesar 92,5 % dibandingkan dengan *dial 1*.
 - c. Pondasi lebar 10 cm dengan perkuatan kolom kapur diameter 10 cm memiliki peningkatan *dial 2* sebesar 100 % dan *dial 3* sebesar 98,6 % dibandingkan dengan *dial 1*.
 - d. Pondasi lebar 10 cm dengan perkuatan kolom kapur diameter 15 cm memiliki peningkatan *dial 2* sebesar 96,7 % dan *dial 3* sebesar 99,6 % dibandingkan dengan *dial 1*.

- e. Pondasi lebar 15 cm dengan perkuatan kolom kapur diameter 10 cm memiliki peningkatan *dial 2* sebesar 85,4 % dan *dial 3* sebesar 98,7 % dibandingkan dengan *dial 1*.
- f. Pondasi lebar 15 cm dengan perkuatan kolom kapur diameter 15 cm memiliki peningkatan *dial 2* sebesar 81,9 % dan *dial 3* sebesar 98,7 % dibandingkan dengan *dial 1*.

4.2 Saran

Berdasarkan masalah-masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 4.2.1 Ketelitian dalam pembacaan sangat diperlukan, agar mendapat hasil yang maksimum.
- 4.2.2 Dial yang digunakan mungkin akan lebih akurat jika menggunakan dial Digital.
- 4.2.3 Metode pencampuran air dan pemadatan diusahakan sama setiap sampel percobaan.
- 4.2.4 Jagalah kebersihan dalam melakukan percobaan.
- 4.2.5 Alangkah lebih baik jika penelitian dilakukan ketika tidak pada musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistya, Yoga. 2017. *Prilaku pondasi Telapak yang diperkuat kolom pasir-kapur terhadap pembebanan*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Amsri, Rakhmatullah. 2017. *Penurunan Pondasi Telapak Yang Diperkuat Kolom Kapur*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bowles, J.E, 1991. *Analisa dan Desain Pondasi, Edisi ke Empat jilid 1*, Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2007. *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hamida, Hayatul.,dan Satibi, Sawal., 2014. *Pengaruh Spasi Pada Performa Prefabricated Vertical Drain Dalam Perbaikan Tanah Lunak*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 1, No. 2 Oktober 2014.

Nurindah, Sholi. 2017. *pengaruh perkuatan kolom pasir terhadap penurunan pondasi telapak*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Syarif dan Halid, 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*, Arcan, Jakarta

Syarif dan Halid, 1993. *Teknologi Penyimpanan Pangan*, Arcan, Jakarta

Sukandarrumidi, 2004. *Metode Penelitian Petunjuk Praktis Untuk Penelitian Pemula*,Yogyakarta, Gadjah Mada Yogyakarta Pres.

Terzaghi, K., dan Peck, R., 1943. *Theoritical Soil Mechanic*. John Willey & Sons, New York

Vesic, A.S. 1963. *Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation in Sand*. Proc. Symp. On Bearing Capacity and Settlement of Foundation, Duke University

Wiqoyah, Q. 2014. *Buku Ajar Mekanika Tanah II Teknik Sipil*. Universitas Muhammadiyah surakarta.